



## WORKING PAPERS

W.P. n. 28

### UN MODELLO DEL SISTEMA URBANO DI TORINO: ALCUNE VALUTAZIONI DI UN' ESPERIENZA MODELLISTICA

*C. S. Bertuglia (\*), T. Gallino (\*), I. Gualco (\*),  
S. Occelli (\*), G. A. Rabino (\*), C. Salomone (\*\*),  
R. Tadei (\*)*





W.P. n. 28

**UN MODELLO DEL SISTEMA URBANO DI  
TORINO: ALCUNE VALUTAZIONI DI UN'  
ESPERIENZA MODELLISTICA**

*C. S. Bertuglia (\*), T. Gallino (\*), I. Gualco (\*),  
S. Ocelli (\*), G. A. Rabino (\*), C. Salomone (\*\*),  
R. Tadei (\*)*

Novembre 1983

*(\*) Istituto di Ricerche Economico Sociali del Piemonte, Via Bogino 21, 10123 Torino*

*(\*\*) Istituto di Ricerca sull'Impresa e lo Sviluppo del Consiglio Nazionale delle Ricerche,  
Via Avogadro 8, 10121 Torino*

*"Comunicazione presentata alla IV Conferenza di Scienze Regionali, Firenze, 24 - 26  
novembre 1983".*





In questa comunicazione si presentano alcune prime riflessioni conclusive sulla sperimentazione modellistica che si sta conducendo sull'Area Metropolitana di Torino.

Sistematicamente, nel corso delle Conferenze Nazionali dell'AISRe degli anni passati (Roma, 1980; Napoli, 1981; Venezia, 1982), si è colto l'occasione per illustrare la struttura ed il funzionamento del modello di simulazione, che si sta applicando, per l'analisi dell'evoluzione del sistema urbano di Torino.

In questa sede, ci si soffermerà, in particolare, su:

a. i problemi che, dal punto di vista sia teorico-metodologico sia operativo, si è reso necessario affrontare nel corso dell'applicazione del mo-

## SOMMARIO

Questo articolo è il risultato di prime riflessioni conclusive sull'esperienza modellistica che si sta conducendo sull'Area Metropolitana di Torino. Il modello che è stato predisposto è un modello a larga scala, dinamico, che simula l'evoluzione del sistema urbano di Torino in presenza di politiche socio-economiche e spaziali.

In questa sede si discutono i principali problemi teorico-metodologici ed operativi incontrati nell'applicazione del modello (con riferimento, in particolare, al sottomodulo di localizzazione residenziale) e si illustrano alcuni risultati ottenuti dagli esperimenti di simulazione effettuati.

Si delineano, inoltre, alcuni sviluppi del modello, che possono contribuire all'affinamento del modello stesso (nonché alla sua implementazione operativa) ed alla definizione, partendo anche dall'attuale struttura del modello, di nuove direzioni di ricerca teorico-metodologica ed applicativa.

modello di simulazione e, in particolare, la calibratura del sottosistema di localizzazione residenziale.

Prima di procedere alla discussione dei problemi suddetti, è utile richiamare brevemente la struttura del modello di simulazione.

### 2.1 Struttura del modello

L'equazione generale rappresentativa della struttura del modello è la seguente:





## 1 INTRODUZIONE

In questa comunicazione si presentano alcune prime riflessioni conclusive sulla sperimentazione modellistica che si sta conducendo sull'Area Metropolitana di Torino.

Sistematicamente, nel corso delle Conferenze Nazionali dell'AISRe degli anni passati (Roma, 1980; Napoli, 1981; Venezia, 1982), si è colto l'occasione per illustrare la struttura ed il funzionamento del modello di simulazione, che si sta applicando, per l'analisi dell'evoluzione del sistema urbano di Torino.

In questa sede, ci si soffermerà, in particolare, su:

- a. i problemi che, dal punto di vista sia teorico-metodologico sia operativo, si è reso necessario affrontare nel corso dell'applicazione del modello di simulazione (con riferimento, in particolare, al sottomodello di localizzazione residenziale);
- b. l'analisi di alcuni output ottenuti dagli esperimenti di simulazione effettuati con il modello;
- c. le direzioni di lavoro più promettenti che oggi sono perseguibili per l'implementazione teorica ed operativa del modello, alla luce anche dei più recenti avanzamenti nel campo della modellistica urbana.

## 2 PROBLEMI TEORICO-METODOLOGICI ED OPERATIVI INCONTRATI NELL'APPLICAZIONE DEL MODELLO

I problemi teorico-metodologici ed operativi, finora incontrati nell'applicazione del modello, hanno riguardato, fondamentalmente, la calibrazione del modello di simulazione e, in particolare, la calibrazione del sottomodello di localizzazione residenziale.

Prima di procedere alla discussione dei problemi suddetti, è utile richiamare brevemente la struttura del modello di simulazione.

### 2.1 Struttura del modello

L'equazione generale rappresentativa della struttura del modello è la seguente:

$$A^{t,t+1}(i,m) = A^t(i,m) + \Delta t \{ [A^t(i,m) \cdot C^t(m) \cdot Z^t(i) + PC^{t,t+1}(i,m)] - [A^t(i,m) \cdot D^{t,t+1}(m) + PD^{t,t+1}(i,m)] \}, \quad (1)$$

ove:

$t, t+1$  tempo, rispettivamente iniziale e finale, di un periodo di simulazione;  
 $\Delta t$  intervallo temporale di un periodo di simulazione (un anno);  
 $i$  indice zonale;  
 $m$  indice relativo all'attività;  
 $A(i,m)$  livello dell'attività  $m$  nella zona  $i$ ;  
 $C(m), D(m)$  tassi di variazione, rispettivamente positivo e negativo, dell'attività  $m$ ;  
 $Z(i)$  fattore di attrazione della zona  $i$  per l'attività  $m$ , dato da

$$Z^{t,t+1}(i) = \frac{L^{t,t+1}(i) \cdot e^{-\theta \sum_v T(v,i,j) \cdot RM(v)}}{\sum_j L^{t,t+1}(j) \cdot e^{-\theta \sum_v T(v,i,j) \cdot RM(v)}} \quad (2)$$

ove:

$L(i)$  suolo disponibile nella zona  $i$  per l'attività  $m$ ;  
 $\theta$  parametro di impedenza della distanza;  
 $T(v,i,j)$  tempo di viaggio dalla zona  $i$  alla zona  $j$  per il mezzo di spostamento  $v$ ;  
 $RM(v)$  coefficiente di ripartizione modale;  
 $PC(i,m), PD(i,m)$  interventi, rispettivamente di costruzione e demolizione, dell'attività  $m$  nella zona  $i$ .

Ciò che le Equazioni 1 e 2 implicano è che il livello di un'attività in una zona viene progressivamente variato nel tempo, mediante feedback positivi e negativi, determinati dai tassi di variazione dell'attività stessa, dai cambiamenti dell'attrattività della zona e dagli interventi di piano relativi a quell'attività nella zona.

Come riportato in Bertuglia et al. (1982a), le formalizzazioni matematiche delle operazioni dei vari sottomodelli (eccetto quello di localizzazione residenziale) sono varianti dell'Equazione generale 1. In particolare, i sottomodelli dell'industria, dei servizi e delle abitazioni sono costituiti sostanzialmente dall'Equazione 1, il sottomodello dell'uso del suolo dall'E



quazione 2, il sottomodello della popolazione è una versione aspatiale dell'Equazione 1. (Il sottomodello di trasporto non è in realtà un vero e proprio sottomodello, ma è costituito dalla matrice esogena dei tempi viaggio, secondo il mezzo di spostamento).

Il sottomodello di localizzazione residenziale costituisce il cuore del modello di simulazione complessivo e presenta una struttura più complessa di quella degli altri sottomodelli (Bertuglia et al., 1982a, 1982b, 1983a).

Si definiscano le seguenti variabili (e, per semplificare le notazioni, si tralascino gli indici):

O numero di posti di lavoro (calcolati nel sottomodello dell'industria e dei servizi);

KO inverso del tasso di occupazione medio delle famiglie;

$Q = O/KO$  famiglie (con capofamiglia occupato);

TPROB probabilità di utilizzazione dei mezzi di trasporto;

T costi di viaggio (sottomodello di trasporto);

AB abitazioni (calcolate nel sottomodello delle abitazioni);

SLAO suolo occupato dalle abitazioni (calcolato nel sottomodello di uso del suolo);

K, H, N fattori di peso;

TETA, CSI parametro, rispettivamente, della distanza e dell'utilità;

$A = \sum Q \cdot TPROB \cdot e^{-TETA \cdot T}$  accessibilità residenziale. (3)

L'utilità che deriva alle famiglie dalla scelta della localizzazione residenziale è espressa da:

$$\bar{U} = K \cdot \bar{A} + H \cdot \bar{AB} + N \cdot \bar{SLAO} \quad (4)$$

(ove  $\bar{x}$  rappresenta il valore normalizzato di  $x$ ).

Il valore atteso dell'utilità  $\bar{U}$  è espresso da:

$$\bar{U} = \sum U \frac{\sum DPOTO}{Q}, \quad (5)$$

ove

$$DPOTO = Q \frac{WT}{\sum WT} \quad (6)$$

e la calibrazione dei parametri della distanza e dell'utilità nel sottomo-



$$WT = \sum TPROB \cdot e^{-TETA \cdot T} \cdot \sum e^{-CSI(\bar{U}-U)} \quad (7)$$

La variabile DPOTO rappresenta sia la localizzazione residenziale, sia la localizzazione del luogo di lavoro delle famiglie (articolate per tipo familiare). Il modello definito dalle Equazioni 3-7 è basato sull'ipotesi che non tutte le famiglie riescono a trovare una localizzazione residenziale ottimale: alcune raggiungono un livello di utilità più elevato del valore atteso, mentre altre ne rimangono al di sotto. Di fatto, il modello cerca di descrivere un mercato delle abitazioni reale utilizzando una misura dello squilibrio, tra domanda ed offerta di abitazioni, basata sulla differenza fra utilità attesa e l'utilità reale della localizzazione residenziale delle famiglie.

Una rappresentazione diagrammatica del modello è riportata nella Figura 1a. Si può rilevare che la distribuzione residenziale delle famiglie dipende da due principali fattori: un fattore spaziale (funzione della distanza) ed un fattore economico che misura il benessere delle famiglie (funzione dei differenziali di utilità). Inoltre, l'utilità delle famiglie dipende, tra gli altri fattori, dall'accessibilità residenziale, tramite l'Equazione 3, il cui esponenziale compare anche nelle funzioni di distribuzione del DPOTO (vedi Equazioni 6 e 7).

## 2.2 Fase di calibrazione

La calibrazione del modello ha richiesto tre principali operazioni, che sono state effettuate separatamente:

- a. la stima dei tassi di variazione delle attività (nei sottomodelli dell'industria, dei servizi, della popolazione e delle abitazioni) ad intervalli di un anno, dal 1971 (epoca iniziale della calibrazione) al 1981 (epoca finale della calibrazione) (vedi Equazione 1). Questa operazione è stata effettuata tramite la simulazione sulla base dei trend osservati, dati esogenamente (Bertuglia et al., 1982a);
- b. la calibrazione del parametro della distanza per i termini di attrazione zonale (sottomodello di uso del suolo, vedi Equazione 2), che è stata basata sulla procedura di Hyman per un modello di interazione spaziale doppiamente vincolato (Batty, 1976; Baxter, 1976);
- c. la calibrazione dei parametri della distanza e dell'utilità nel sottomo-



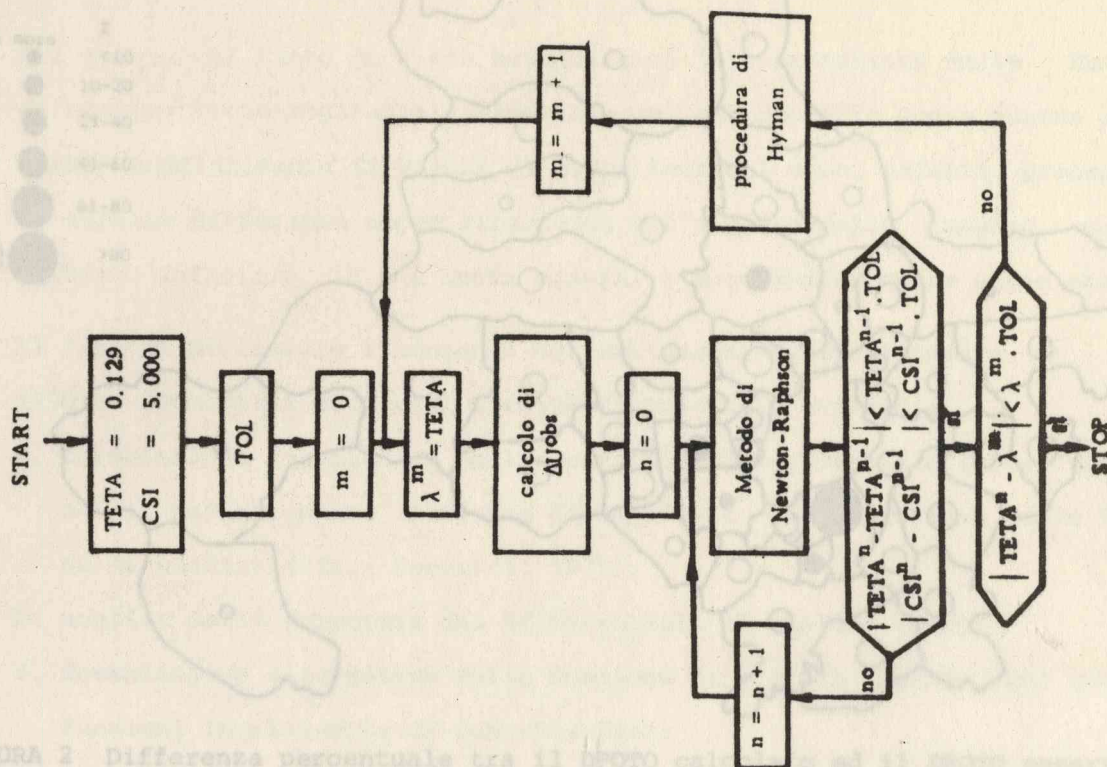
dello di localizzazione residenziale. Proprio questa operazione ha posto i problemi teorico-metodologici ed operativi più rilevanti, ma anche più stimolanti. Per questa ragione detti problemi verranno ora brevemente illustrati.

2.2.1 La calibrazione del sottomodello residenziale. La metodologia per la calibrazione di questo sottomodello si è fondata sul principio di massima verosimiglianza la cui applicazione ha portato alla formulazione di due equazioni di massima verosimiglianza per il parametro della distanza (TETA) ed il parametro dell'utilità (CSI), le quali sono state risolte utilizzando il metodo di Newton-Raphson (Bertuglia et al., 1982b, 1983a).

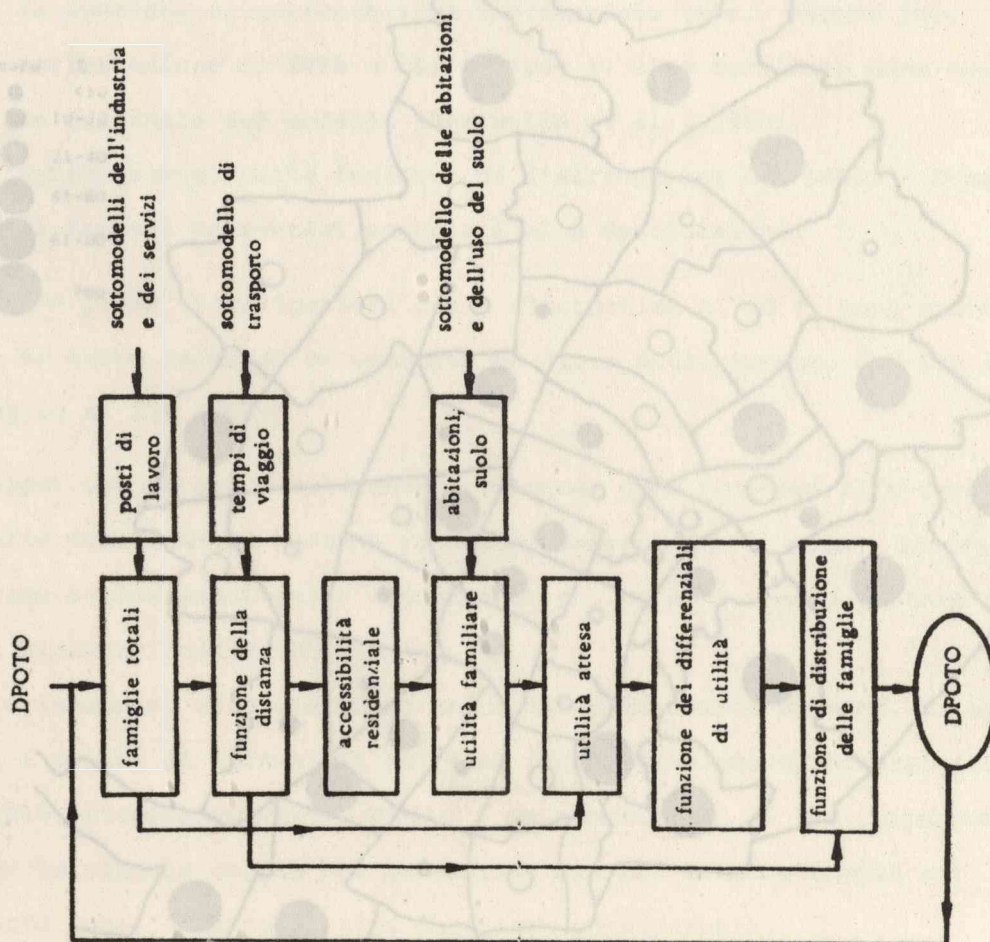
Come ampiamente illustrato in Bertuglia et al. (1983a), l'aspetto caratterizzante questa procedura di calibrazione è che, per l'interdipendenza tra l'utilità e l'accessibilità residenziale - cfr.: Figura 1a -, è stato necessario incorporare lo schema di Newton-Raphson in una procedura iterativa più esterna, basata sulla formula di convergenza di Hyman - cfr.: Figura 1b -.

I valori ottimali di TETA e CSI (0.103606 e 5.779334, rispettivamente) sono stati ottenuti dopo alcuni esperimenti, ciascuno dei quali era caratterizzato da certe definizioni iniziali (valori iniziali di TETA e CSI, massimo numero di iterazioni per i cicli di Newton-Raphson e di Hyman, limite di convergenza). Al termine di ciascun esperimento venivano calcolati: i valori finali di TETA e CSI, i valori delle equazioni di massima verosimiglianza per TETA e CSI, un indicatore aggregato dello scarto tra il valore del DPOTO calcolato e quello del DPOTO osservato. La differenza percentuale tra il DPOTO calcolato ed il DPOTO osservato (per il totale dei flussi nelle zone di residenza) è riportato nelle Figure 2 e 3, per l'area di studio (comprensorio di Torino) e la città di Torino rispettivamente.

Come si può osservare dalle Figure 2 e 3, emerge che il modello di localizzazione residenziale tende a sovrastimare i flussi nelle zone centrali dell'area di studio, in particolare nelle zone della città di Torino (le quali, peraltro, risultano caratterizzate da un valore più elevato dell'accessibilità), mentre tende a sottostimare i flussi nelle zone più esterne.



11b. diagramma della procedura di calibrazione



1a. struttura del sottomodello

**FIGURA 1** Struttura e procedura di calibrazione del sottomodello di localizzazione residenziale



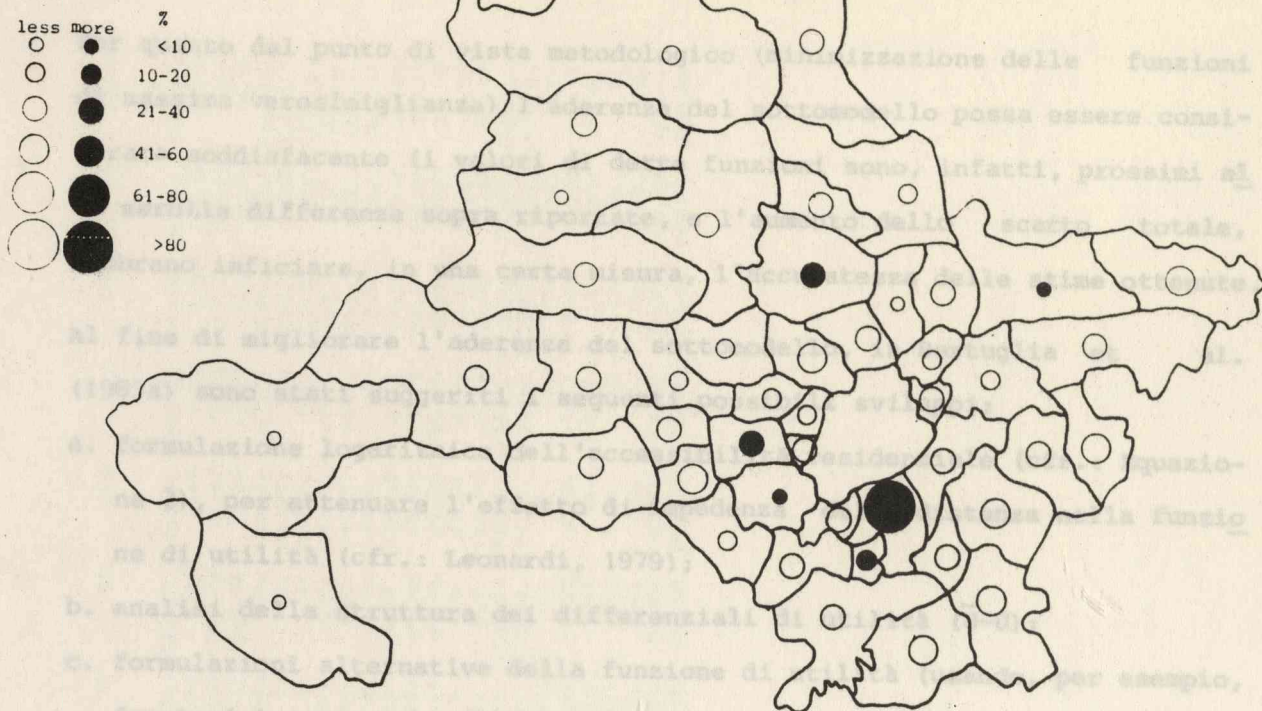


FIGURA 2 Differenza percentuale tra il DPOTO calcolato ed il DPOTO osservato per le zone dell'area di studio esterne alla città di Torino

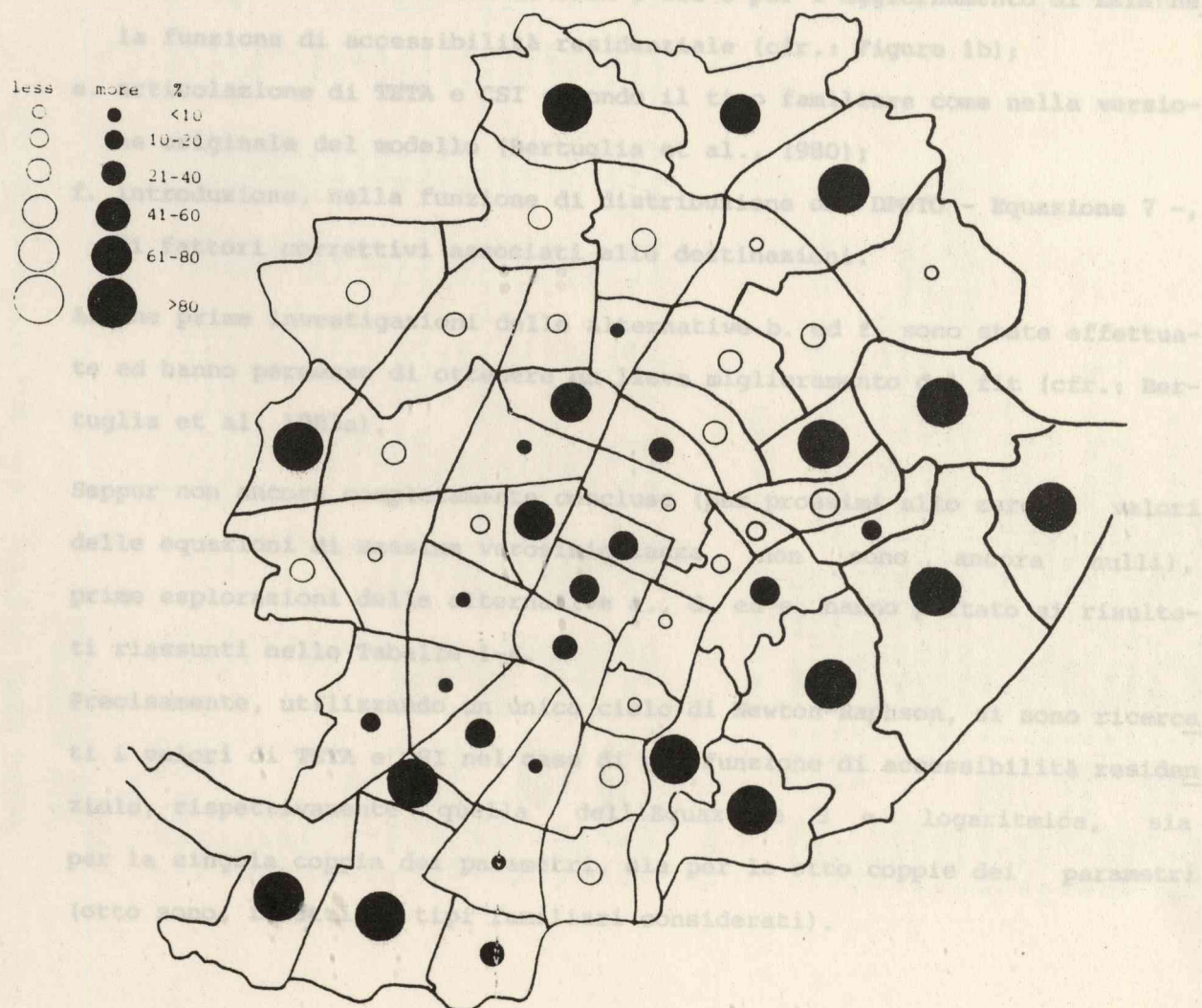


FIGURA 3 Differenza percentuale tra il DPOTO calcolato ed il DPOTO osservato per le zone della città di Torino



Per quanto dal punto di vista metodologico (minimizzazione delle funzioni di massima verosimiglianza) l'aderenza del sottomodello possa essere considerata soddisfacente (i valori di dette funzioni sono, infatti, prossimi al lo zero), le differenze sopra riportate, e l'aumento dello scatto totale, sembrano inficiare, in una certa misura, l'accuratezza delle stime ottenute.

Al fine di migliorare l'aderenza del sottomodello, in Bertuglia et al. (1983a) sono stati suggeriti i seguenti possibili sviluppi:

- a. formulazione logaritmica dell'accessibilità residenziale (cfr.: Equazione 3), per attenuare l'effetto di impedenza della distanza nella funzione di utilità (cfr.: Leonardi, 1979);
- b. analisi della struttura dei differenziali di utilità ( $\bar{U}-U$ );
- c. formulazioni alternative della funzione di utilità (usando, per esempio, funzioni logaritmiche di Cobb-Douglas);
- d. utilizzo di un unico ciclo iterativo, quello di Newton-Raphson, per la determinazione simultanea di TETA e CSI e per l'aggiornamento di TETA nella funzione di accessibilità residenziale (cfr.: Figura 1b);
- e. articolazione di TETA e CSI secondo il tipo familiare come nella versione originale del modello (Bertuglia et al., 1980);
- f. introduzione, nella funzione di distribuzione del DPOTO - Equazione 7 -, di fattori correttivi associati alle destinazioni.

Alcune prime investigazioni delle alternative b. ed f. sono state effettuate ed hanno permesso di ottenere un lieve miglioramento del fit (cfr.: Bertuglia et al. 1983a).

Seppur non ancora completamente concluse (pur prossimi allo zero, i valori delle equazioni di massima verosimiglianza non sono ancora nulli), prime esplorazioni delle alternative a., d. ed e. hanno portato ai risultati riassunti nelle Tabelle 1-4.

Precisamente, utilizzando un unico ciclo di Newton-Raphson, si sono ricerca ti i valori di TETA e CSI nel caso di una funzione di accessibilità residen ziale, rispettivamente quella dell'Equazione 3 e logaritmica, sia per la singola coppia dei parametri, sia per le otto coppie dei parametri (otto sono, infatti, i tipi familiari considerati).



ANALISI DPOTOX CALCOLATO HFLW C51. STATICO, ACCESS ROMA

TFTA= 0.103354473

CSI= 5.404550040

INDICI

	J	P	I	S	F	L	U	1P	5J	SF	SI	IFJ	SFJ	SIJ	SIF	SIFJ
S ARS	0.	0.	142149.	120000.	0.	342000.	111000.	140000.	121000.	235000.	405000.	146238.	389546.	259647.	444855.	
H QUADR C U	1.00	1.00	0.53	0.53	1.00	0.54	0.54	0.54	0.54	0.92	0.60	0.54	0.94	0.53	0.58	0.48
SOM C-D	0.00	0.01	2470.51	0.000000	0.00	172.00	315.00	315.00	200.00	700.00	30.62	77.98	77.98	37.16	157.20	7.44
SAM C-D	0.00	0.01	1435.75	0.000000	0.00	37.53	224.00	224.00	234.12	397.18	5.17	30.77	30.77	6.62	54.64	0.95
N ELEM	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.
N ZERI	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
N ZERI D	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
N POS	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.
N POS D	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.	59.
ER AS POS	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
ER AS POS C	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	42.54	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.11	16.67	5.16	37.82
% POS	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	42.54	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.99	56.47	49.54	20.37
ER AS % POS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.95	48.40	94.65	14.78
ER AS % POS D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.06	8.07	4.88	5.59
SOMMA	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.
SOMMA D	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.
ER AS SOMMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ER AS SOMMA C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEDIA	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.
MEDIA D	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.	4781.
ER AS MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ER AS MEDIA D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VARIAZ % CD	0.00	0.00	51.85	24.47	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

LEGENDA.

C = CALCOLATO D = DATO

S ARS C-D = SOMMA ARS(C-D)

H QUADR C-D = COEFFICIENTE CORRELAZIONE DPOTOX C SU D

SOM C-D = SQRT(SOMMA((C-D)\*\*2)/N ELEM)

SAM C-D = S ARS/N ELEM

N ELEM C = NUMERO ELEMENTI TOTALI DELL'ARRAY

N ZERI C = NUMERO ELEMENTI NULLI DELL'ARRAY CALCOLATO

N ZERI D = NUMERO ELEMENTI NULLI DELL'ARRAY DATO

N POS C = NUMERO ELEMENTI POSITIVI DELL'ARRAY CALCOLATO

N POS D = NUMERO ELEMENTI POSITIVI DELL'ARRAY DATO

ER AS POS C = N POS C - N POS D

ER AS POS D = (ER AS POS / N POS D) \* 100

% POS C = (N POS C / N ELEM) \* 100

% POS D = (N POS D / N ELEM) \* 100

ER AS % POS C = % POS C - % POS D

ER AS % POS D = (ER AS % POS) / (% POS D) \* 100

SOMMA C = SOMMA ARRAY CALCOLATO

SOMMA D = SOMMA ARRAY DATO

ER AS SOMMA C = SOMMA C - SOMMA D

ER AS SOMMA D = (ER AS SOMMA) / (SOMMA D) \* 100

MEDIA C = SOMMA C / N POS C

MEDIA D = SOMMA D / N POS D

ER AS MEDIA C = MEDIA C - MEDIA D

ER AS MEDIA D = (ER AS MEDIA) / (SOMMA D) \* 100

VARIAZ % CD = SOM/MEDIA D \* 100



TABELLA 2 Analisi del DPOTO calcolato per la coppia singola dei parametri nel caso dell'accessibilità residenziale logaritmica

ANALISI DPOTOX CALCOLATO AFFA. Cst. STATIST. ACCESS LUN

TETA= 0.104485001  
CSt= 0.109244923

INDICI

S	AHS	C-D	0.	13424.	11475.	0.	343547.	104102.	134298.	114547.	230329.	344426.	142556.	308326.	254999.	439226.
R QUADR	1.00	0.41	0.00	0.41	0.00	1.00	0.50	0.59	0.42	0.42	0.51	0.48	0.94	0.48	0.51	0.39
C-D	0.00	0.00	0.01	2778.30	0.00	0.00	150.57	200.14	375.23	4115.66	785.17	32.42	75.54	38.94	169.24	6.04
SOM	0.00	0.00	0.01	1340.42	0.00	0.00	35.15	212.25	234.51	2470.60	401.23	5.08	30.00	6.60	53.66	0.93
SAM	0.00	0.00	0.01	1340.42	0.00	0.00	742.	742.	594.	48.	594.	78408.	4752.	58806.	4752.	470448.
N ELEM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2194.	1.	0.	0.	2.	44537.	48.	26025.	38.	375456.
N ZERI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4033.	17.	0.	0.	2.	62266.	145.	30343.	254.	400916.
N ZERI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	741.	741.	594.	48.	592.	33871.	4704.	32761.	4714.	94992.
N POS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	742.	742.	594.	48.	592.	16142.	4607.	28463.	4498.	69532.
N POS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1039.	10.	0.	0.	0.	17129.	97.	4318.	216.	25460.
ER AS POS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.88	2.06	0.00	0.00	0.00	109.83	2.11	15.17	4.80	36.62
ER AS POS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	77.61	9.87	100.00	100.00	99.66	43.20	98.99	55.74	99.20	20.19
% POS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.94	47.85	100.00	100.00	94.66	20.54	96.95	48.40	94.65	14.78
% POS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.85	2.02	0.00	0.00	0.00	22.61	2.04	7.34	4.55	5.41
ER AS POS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.88	2.06	0.00	0.00	0.00	109.83	2.11	15.17	4.80	36.62
SOMMA	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.
SOMMA	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.
ER AS SOMMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ER AS SOMMA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEDIA	4781.	59140.	4781.	74400.	74400.	604.	62.	611.	797.	4860.	799.	29.	101.	14.	100.	5.
MEDIA	4781.	59140.	4781.	74400.	74400.	604.	62.	611.	797.	4860.	799.	29.	101.	14.	100.	5.
ER AS MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ER AS MEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VARIATZ % CD	0.00	0.00	0.00	58.12	24.54	0.00	143.25	94.54	47.04	41.74	98.21	110.56	73.53	234.17	160.85	118.12

LEGENDA.

C = CALCOLATO D = DATO

S ABS C-D = SOMMA ABS(C-D)

R QUADR C-D = COEFFICIENTE CORRELAZIONE DPOTOX C SU D

SOM C-D = SORT(SOMMA((C-D)\*\*2)/N ELEM)

SAM C-D = S ABS/N ELEM

N ELEM C = NUMERO ELEMENTI TOTALI DELL'ARRAY

N ZERI C = NUMERO ELEMENTI NULLI DELL'ARRAY CALCOLATO

N ZERI D = NUMERO ELEMENTI NULLI DELL'ARRAY DATO

N POS C = NUMERO ELEMENTI POSITIVI DELL'ARRAY CALCOLATO

N POS D = NUMERO ELEMENTI POSITIVI DELL'ARRAY DATO

ER AS POS C = N POS C - N POS D

ER AS POS D = (ER AS POS / N POS D) \* 100

% POS C = (N POS C / N ELEM) \* 100

% POS D = (N POS D / N ELEM) \* 100

ER AS % POS C = % POS C - % POS D

ER AS % POS D = (ER AS % POS) / (% POS D) \* 100

SOMMA C = SOMMA ARRAY CALCOLATO

SOMMA D = SOMMA ARRAY DATO

ER AS SOMMA C = SOMMA C - SOMMA D

ER AS SOMMA D = (ER AS SOMMA) / (SOMMA D) \* 100

MEDIA C = SOMMA C / N POS C

MEDIA D = SOMMA D / N POS D

ER AS MEDIA C = MEDIA C - MEDIA D

ER AS MEDIA D = (ER AS MEDIA) / (SOMMA D) \* 100

VARIATZ % CD = SOM/MEDIA D \* 100



TABELLA 3 Analisi del DPOTO calcolato per le otto coppie dei parametri nel caso dell'accessibilità residenziale dell'Eguazione 3

ANALISI DPOTOX CALCOLATO HFLA(1), C(1(F), STAT(C), A NUM

TEA = 0.130000014 0.124444427 0.000000000 0.000000000 0.200000000 0.200000000 0.144444444 0.144444444  
CSI = 7.199444444 6.444444444 6.444444444 6.444444444 6.444444444 6.444444444 6.444444444 6.444444444

INDICI	J	F	I	S	P	SU	SP	SI	IFJ	SFJ	SUJ	SIF	SIFJ
S ARS	0.	0.	14117.	11731.	0.	14000.	13000.	11000.	34558.	143251.	38584.	25511.	435883.
R QUADR	1.00	1.00	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	0.50	0.56	0.92	0.53	0.59	0.49
SQM	0.00	0.00	2550.37	0.00000	1.00	14000.	13000.	11000.	29.45	89.01	30.84	154.38	7.34
SAM	0.00	0.00	1420.13	0.00000	1.00	14000.	13000.	11000.	30.15	30.15	0.52	54.19	0.93
N ELEM	94.	94.	94.	94.	94.	94.	94.	94.	14008.	4752.	56006.	4752.	470448.
N ZERI	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	44045.	48.	25040.	34.	379980.
N ZERI	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	62266.	145.	30343.	254.	409916.
N POS	94.	94.	94.	94.	94.	94.	94.	94.	24363.	4704.	33766.	4718.	90468.
N POS	94.	94.	94.	94.	94.	94.	94.	94.	16142.	4607.	28603.	4498.	69532.
ER AS POS	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	13221.	97.	5303.	220.	20936.
ER AS POS	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	41.40	2.11	18.63	4.89	30.11
% POS	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	37.45	98.99	57.42	99.28	19.23
% POS	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	20.59	96.95	48.40	94.65	14.78
ER AS % POS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.86	2.04	9.02	4.63	4.45
ER AS % POS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	81.90	2.11	18.63	4.89	30.11
SOMMA	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.
SOMMA	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.	473281.
ER AS SOMMA	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.
ER AS SOMMA	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00
MEDIA	4731.	4731.	4731.	4731.	4731.	4731.	4731.	4731.	16.	101.	14.	100.	5.
MEDIA	4731.	4731.	4731.	4731.	4731.	4731.	4731.	4731.	29.	103.	17.	105.	7.
ER AS MEDIA	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.	-0.	-13.	-2.	-3.	-5.	-2.
ER AS MEDIA	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-45.03	-2.06	-15.71	-4.66	-23.14
VARIAT % CD	0.00	0.00	53.35	24.46	0.00	182.68	92.44	47.00	102.15	67.23	221.56	146.72	107.88

LEGENDA.

C = CALCOLATO D = DATO

S ARS C-D = SOMMA ARS(C-D)

R QUADR C-D = COEFFICIENTE CORRELAZIONE DPOTOX C SU D

SQM C-D = SORT(SOMMA((C-D)\*21/N ELEM)

SAM C-D = S ABS/N ELEM

N ELEM C = NUMERO ELEMENTI TOTALI DELL'ARRAY

N ZERI C = NUMERO ELEMENTI NULLI DELL'ARRAY CALCOLATO

N ZERI D = NUMERO ELEMENTI NULLI DELL'ARRAY DATO

N POS C = NUMERO ELEMENTI POSITIVI DELL'ARRAY CALCOLATO

N POS D = NUMERO ELEMENTI POSITIVI DELL'ARRAY DATO

ER AS POS C = N POS C - N POS D

ER AS POS D = (ER AS POS / N POS D) \* 100

% POS C = (N POS C / N ELEM) \* 100

% POS D = (N POS D / N ELEM) \* 100

ER AS % POS C = % POS C - % POS D

ER AS % POS D = (ER AS % POS / (N POS D) \* 100

SOMMA C = SOMMA ARRAY CALCOLATO

SOMMA D = SOMMA ARRAY DATO

ER AS SOMMA C = SOMMA C - SOMMA D

ER AS SOMMA D = (ER AS SOMMA) / (SOMMA D) \* 100

MEDIA C = SOMMA C / N POS C

MEDIA D = SOMMA D / N POS D

ER AS MEDIA C = MEDIA C - MEDIA D

ER AS MEDIA D = (ER AS MEDIA) / (SOMMA D) \* 100







Le Tabelle 1-4 presentano un'analisi dettagliata del DPOTO calcolato (C) rispetto al DPOTO osservato (D) per le quattro alternative investigate. In particolare, per ciascuno degli indici e combinazioni di indici del DPOTO (zona di lavoro j, tipo familiare f, zona di residenza i, tipo di abitazione s), sono stati effettuati alcuni test di aderenza (vedi l'elenco nella legenda delle tabelle), fra i quali i più significativi sono risultati: la somma del valore assoluto degli scarti ( $S_{ABS} C-D$ ), lo scarto medio ( $SAM C-D$ ), lo scarto quadratico medio ( $SQM C-D$ ), il coefficiente di correlazione ( $R_{QUADR} CD$ ), il numero di elementi nulli ( $N_{ZERI} C$ ,  $N_{ZERI} D$ ).

Si noti, per inciso, che un'analisi sintetica del tipo illustrato nelle tabelle si rivela basilare per esaminare la struttura di una matrice molto grande, quale è quella del DPOTO - 470.448 elementi).

Nelle Tabelle 1 e 2 è riportata l'analisi del DPOTO per la coppia singola dei parametri, nel caso di una funzione di accessibilità, rispettivamente, dell'Equazione 3 e logaritmica. Le migliori approssimazioni dei valori ottimali dei parametri che sono state ottenute (come detto, i valori delle equazioni di massima verosimiglianza possono essere ulteriormente minimizzati) sono riportate nella parte a sinistra in alto delle tabelle.

Pur sostanzialmente simili, i valori di TETA e CSI sono leggermente più elevati nel caso delle funzioni di accessibilità logaritmica. Le ragioni e le implicazioni di questa differenza (e ciò anche nel caso delle otto coppie di parametri, ove peraltro si verifica la situazione opposta) dovranno essere oggetto di ulteriore riflessione non appena si saranno soddisfatte completamente le condizioni di ottimalità.

Esaminando le due tabelle, emerge, complessivamente, quanto segue:

- a. lo scarto quadratico medio e l'indice di correlazione sembrano indicare un peggioramento dell'aderenza, nel caso della funzione di accessibilità logaritmica;
- b. peraltro, la somma dei valori assoluti degli scarti e lo scarto medio sembrano mostrare un miglioramento dell'aderenza, sempre nel caso della funzione di accessibilità logaritmica.

Ciò parrebbe indicare che, nel caso della funzione di accessibilità logaritmica, l'errore tende a concentrarsi su un numero meno elevato di caselle del



la matrice (esisterebbe, cioè, una minore dispersione dell'errore), per quanto, in questo caso, la riproduzione degli elementi nulli della matrice (NZERI C) è meno buona che nel caso della funzione di accessibilità dell'Equazione 3.

Nelle tabelle 3 e 4 è riportata l'analisi del DPOTO per le otto coppie dei parametri nel caso di una funzione di accessibilità, rispettivamente, dell'Equazione 3 e logoritmica.

Qualitativamente, i risultati, per i due casi, sono sostanzialmente analoghi a quelli ottenuti per la coppia singola dei parametri. Ovviamente, l'aderenza, nel caso delle otto coppie, è migliore: diminuisce lo scarto, migliora la correlazione, migliora la riproduzione degli elementi nulli ecc.. Una valutazione definitiva degli esperimenti effettuati richiederà, naturalmente, oltre che il completo soddisfacimento delle condizioni di ottimalità, una verifica puntuale dei flussi (almeno per le combinazioni di indici per cui ciò è manualmente possibile), nonché un approfondimento del significato dei valori dei parametri ottenuti relativamente ai tipi familiari considerati nel modello.

### 3. RISULTATI DI ALCUNI ESPERIMENTI DI SIMULAZIONE

Gli esperimenti effettuati hanno riguardato la simulazione di tre scenari socioeconomici, ciascuno dei quali rappresenta una diversa (e, per ora, ipotetica) evoluzione (socioeconomica) del sistema urbano di Torino per il periodo 1981-1999.

Nella definizione delle tendenze evolutive del sistema e dei relativi scenari, si è fatto riferimento all'analisi dei processi di sviluppo demografico ed economico del comprensorio nello scorso trentennio (Bertuglia et al., 1983b).

Le tre tendenze di evoluzione, ed i corrispondenti scenari, sono:

1. continuazione delle attuali tendenze di evoluzione (ossia, di quelle che sono state osservate nel periodo 1971-1980). Lo scenario corrispondente è stato definito sulla base di una semplice (ed indubbiamente rozza) estrapolazione grafica dei tassi di variazione (crescita e diminuzione) del



le attività a livello comprensoriale, che sono stati osservati nello scorso decennio;

2. declino del sistema. Lo scenario corrispondente è stato determinato considerando solo i tassi di diminuzione delle attività, stimati nel primo scenario (i tassi di crescita delle attività sono stati azzerati);
3. crescita del sistema. Lo scenario corrispondente è stato definito considerando solo i tassi di incremento delle attività, stimati nel primo scenario (i tassi di diminuzione delle attività sono stati azzerati).

Inoltre, nei tre scenari, si è assunto che gli usi del suolo (di progetto), i tempi di viaggio, i coefficienti di uso del suolo ed il parametro della distanza rimanessero invariati. Si è assunto cioè che, nel periodo 1981-1999, non intervenissero cambiamenti in talune componenti spaziali del sistema, tali da modificare i vincoli di uso del suolo e la struttura delle infrastrutture di trasporto esistenti. Questa è un'assunzione certamente riduttiva (ma, comunque, non tale da impedire che si abbiano dinamiche spaziali differenti in relazione ai differenti scenari ipotizzati). Essa, tuttavia, dovrà essere rilassata negli esperimenti futuri.

E' ovvio che gli scenari socioeconomici sopra descritti sono ipotetici. Infatti, gli input, utilizzati nella definizione dei vari scenari, sono essenzialmente delle pure quantificazioni numeriche, non fondate, per ora, su alcuna valida previsione socioeconomica né, soprattutto, su alcuna ipotesi di intervento dell'operatore pubblico.

Dati i limiti precedentemente richiamati, non si descriveranno gli output numerici delle simulazioni effettuate, ma ci si limiterà ad illustrare soltanto alcuni output di natura qualitativa, i quali, tuttavia, sono sufficienti a mettere chiaramente in luce gli effetti, sul sistema urbano di Torino, dell'impatto dei tre scenari ipotizzati.

Nel grafico di Figura 4 sono riportate, per periodi quinquennali, le dinamiche 1971-1999 della popolazione e dell'occupazione (addetti) nel comprensorio, risultanti dai tre scenari. In particolare, il grafico mette in luce, per i tre scenari, l'evoluzione temporale del tasso di variazione della popolazione rispetto al tasso di variazione dell'occupazione.

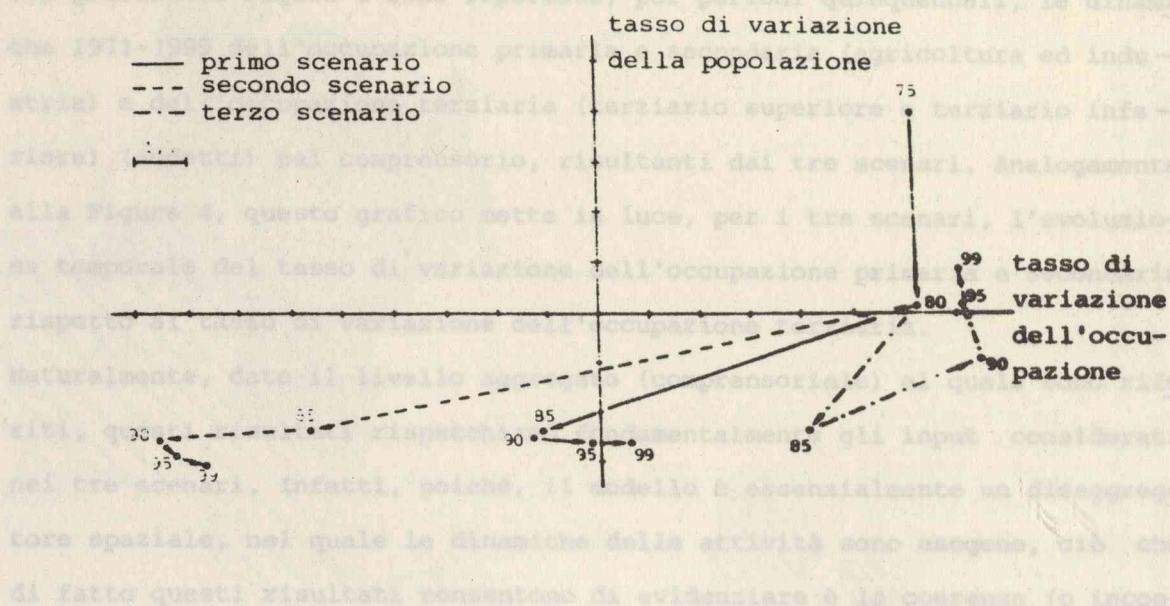


FIGURA 4 Dinamica 1971-1999 della popolazione e dell'occupazione (addetti) nel comprensorio per periodi quinquennali, nei tre scenari (a)

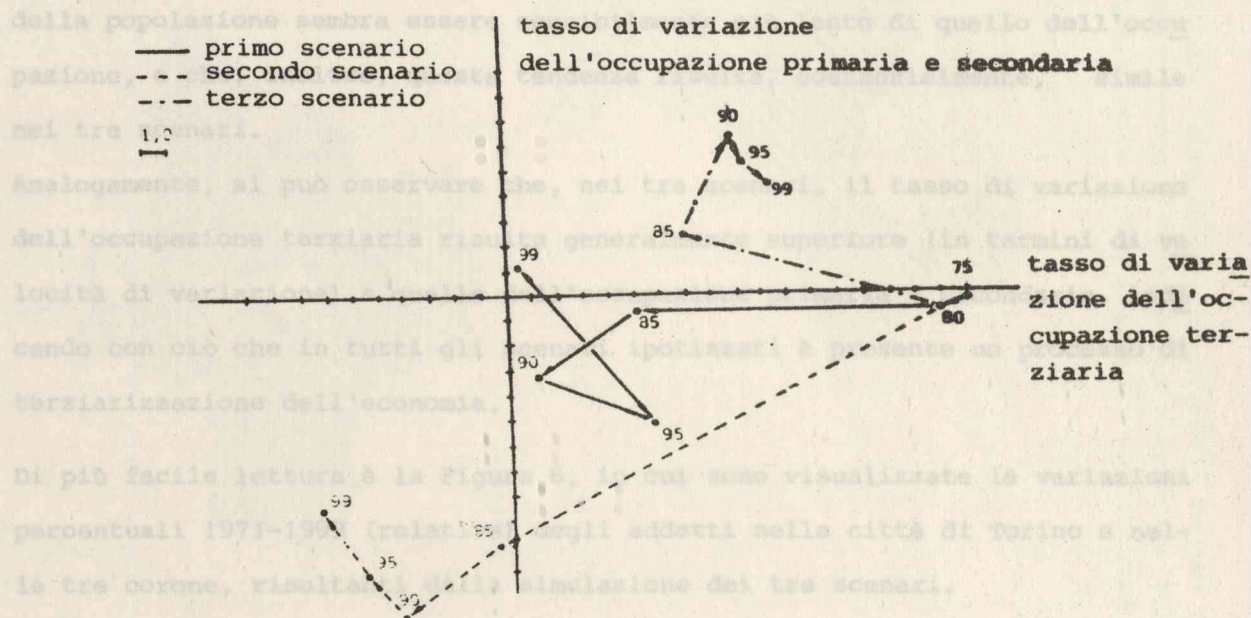


FIGURA 5 Dinamica 1971-1999 dell'occupazione primaria e secondaria e dell'occupazione terziaria (addetti) nel comprensorio per periodi quinquennali, nei tre scenari (a)

(a) Ovviamente, per il periodo 1971-1980 i tassi di variazione sono gli stessi nei tre scenari



Nel grafico di Figura 5 sono riportate, per periodi quinquennali, le dinami che 1971-1999 dell'occupazione primaria e secondaria (agricoltura ed indu-  
stria) e dell'occupazione terziaria (terziario superiore e terziario infe-  
riore) (addetti) nel comprensorio, risultanti dai tre scenari. Analogamente  
alla Figura 4, questo grafico mette in luce, per i tre scenari, l'evoluzio-  
ne temporale del tasso di variazione dell'occupazione primaria e secondaria  
rispetto al tasso di variazione dell'occupazione terziaria.

Naturalmente, dato il livello aggregato (comprensoriale) al quale sono rife-  
riti, questi risultati rispecchiano fundamentalmente gli input considerati  
nei tre scenari. Infatti, poiché, il modello è essenzialmente un disaggrega  
tore spaziale, nel quale le dinamiche delle attività sono esogene, ciò che  
di fatto questi risultati consentono di evidenziare è la coerenza (o incoe-  
renza) fra le dinamiche delle attività, ipotizzate nei diversi scenari (in  
particolare, consentono di mostrare come variazioni di certe attività sia-  
no, o debbano essere presumibilmente, correlate a variazioni di altre atti-  
vità).

Ad esempio, si può osservare che, nei tre scenari, il tasso di variazione  
della popolazione sembra essere sensibilmente più lento di quello dell'occu  
pazione, e che, inoltre, questa tendenza risulta, sostanzialmente, simile  
nei tre scenari.

Analogamente, si può osservare che, nei tre scenari, il tasso di variazione  
dell'occupazione terziaria risulta generalmente superiore (in termini di ve  
locità di variazione) a quello dell'occupazione primaria e secondaria, indi  
cando con ciò che in tutti gli scenari ipotizzati è presente un processo di  
terziarizzazione dell'economia.

Di più facile lettura è la Figura 6, in cui sono visualizzate le variazioni  
percentuali 1971-1999 (relative) degli addetti nella città di Torino e nel-  
le tre corone, risultanti dalla simulazione dei tre scenari.

La Figura 6a - extrapolazione delle tendenze attuali - mostra la prosecuzio  
ne del processo di diffusione osservato nello scorso decennio. Si può osser  
vare un calo, relativo, dell'importanza della città ed un aumento, relativo,  
dell'importanza delle corone esterne, che risulta più significativo per la  
seconda corona.







Nella Figura 6b - declino del sistema - il processo di diffusione, osservato nello scenario dell'estrapolazione delle tendenze attuali (Figura 6a), risulta più accentuato. Il calo dell'importanza della città è maggiore e, contemporaneamente, l'aumento di importanza delle corone esterne è più evidente. Anche in questo scenario, la seconda corona è quella maggiormente interessata dal processo diffusivo.

Nella Figura 6c - crescita del sistema - il processo, osservato nei precedenti scenari, si inverte ed emerge una tendenza alla concentrazione. Aumenta l'importanza della città di Torino e quella delle prime due corone (e, anche in questo caso, in misura maggiore nella seconda corona), mentre diminuisce l'importanza della terza corona.

Questi risultati, seppure puramente indicativi, costituiscono nondimeno un utile punto di partenza nella duplice direzione di fornire:

- a. delle indicazioni all'operatore pubblico per la definizione di scenari coerenti ed attendibili da sondare;
- b. un'esemplificazione delle possibili verifiche che, con il modello, si possono effettuare.

#### 4. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Una completa valutazione della presente esperienza modellistica richiede, naturalmente, un'ulteriore verifica della capacità del modello di testare l'impatto delle politiche urbane.

Dal punto di vista dell'uso (esecuzione del modello) e della gestione (definizione degli esperimenti e dei relativi input) del modello, la procedura di simulazione che è stata predisposta è, relativamente, maneggevole e sufficientemente flessibile (cfr.: Bertuglia et al., 1981, 1982a). Ciò consente di predisporre e di eseguire, con una certa facilità, un gran numero di simulazioni. Tuttavia, va rilevato che la dimensione complessiva del modello costituisce, in una certa misura, un handicap (il modello richiede, 8 Mbytes di memoria), cosa che comporta, inoltre, normalmente - sul sistema di calcolo utilizzato - un tempo elevato di esecuzione (in una situazione ottimale, di tota-



le, o quasi, disponibilità di memoria da parte del sistema, il tempo di esecuzione è in realtà di circa quindici minuti - per il periodo 1971-1999 - coincidente, quasi, con il tempo di CPU).

Dal punto di vista teorico-metodologico, alcune indicazioni, soprattutto per un ulteriore sviluppo in termini dinamici del modello complessivo, sono già state date in Bertuglia et al. (1982b). Qui si accenna ad altri approfondimenti, che possono contribuire a migliorare la struttura complessiva del modello e la sua capacità previsiva. Detti approfondimenti sono riconoscibili nei seguenti:

- a. rendere endogeni i tassi di variazione delle attività. Ciò che, fondamentalmente, il modello fa è distribuire spazialmente delle variazioni esogene delle diverse attività (stimate ad un livello aggregato), date certe capacità insediative delle zone. In questo senso, il modello compie, essenzialmente, un'operazione di disaggregazione spaziale dei trend socio-economici (osservati o prevedibili).

Uno sviluppo del modello consiste, dunque, nella determinazione endogena dei suddetti tassi di variazione, tenendo conto dell'interdipendenza esistente tra la dinamica di questi tassi e modellizzando quindi, esplicitamente, i feed-back, tra i sottosistemi, ed i fenomeni di ritardo.

Come peraltro suggerito in Bertuglia et al. (1982b), ciò implica una diversa formulazione del modello (probabilmente, un nuovo modello), che va ancorata ad un approccio di analisi intrinsecamente dinamico (ad esempio, nella direzione suggerita da Wilson, 1981, con la formulazione delle equazioni logistiche della crescita per popolazioni "interagenti"). Il fatto se tale sforzo di riscrittura e/o di nuova formulazione del modello debba essere perseguito, dovrà costituire oggetto di riflessione al termine della presente esperienza modellistica;

- b. considerare più attentamente il sottomodello dei trasporti. Nella versione attuale del modello, il sottomodello dei trasporti è rappresentato semplicemente in termini di matrici esogene (eventualmente, aggiornabili) dei tempi di viaggio. Poiché uno degli obiettivi di fondo del modello è l'analisi sia degli effetti spaziali sul sistema prodotti da certe dinamiche socioeconomiche, sia di come la struttura spaziale del sistema possa



condizionare la distribuzione di dette dinamiche nello spazio, è evidente che uno sviluppo futuro del modello è quello di approfondire, nell'analisi della strutturazione spaziale del sistema, il ruolo del sottosistema dei trasporti. (Inoltre, nella definizione delle politiche da sondare per il sistema urbano di Torino, sta emergendo, fra gli interventi prioritari - cioè, fra quelli riconosciuti avere un ruolo strutturante per l'organizzazione del sistema - l'intervento sul sistema delle infrastrutture di trasporto).

Ciò significa, non solo reintrodurre, eventualmente, nel modello di simulazione complessivo il sottomodulo di trasporto come era nella versione originale del modello (Bertuglia et al., 1980) (per tener conto delle modifiche della rete e dei conseguenti effetti sui flussi di traffico e sui tempi di viaggio), ma anche affrontare il problema della modellizzazione delle diverse velocità di cambiamento che si producono nel sottosistema dei trasporti (relativamente, cioè, alla rete ed ai flussi) e di come detti cambiamenti influenzino nel tempo gli altri sottosistemi (si pensi, ad esempio, a come modifiche o nuovi interventi sulla rete dei trasporti possano influenzare le decisioni localizzative degli individui). Ciò costituisce un problema tuttora aperto nel campo della modellistica urbana.

Alcune stimolanti direzioni di lavoro sono indicate, ad esempio, in Leonardi (1983), per quanto concerne la modellizzazione della domanda di trasporto, ed in Wilson (1983), per quanto concerne il trattamento dell'offerta di trasporto;

- c. approfondire il processo di allocazione residenziale. Alla luce di quanto esposto in 2.2.1., un futuro passo da compiere per l'analisi teorica (e la verifica sperimentale) del comportamento localizzativo delle famiglie è l'investigazione del ruolo dell'utilità, relativamente anche a quello dell'accessibilità residenziale.

In questo senso, si ritiene che un ulteriore esame della struttura dei differenziali di utilità e di forme alternative di funzioni di utilità (cfr.: 2.2.1) possa risultare utile.





## BIBLIOGRAFIA

- Batty, M. (1976), Urban modelling. Algorithms, calibrations, predictions, London, Cambridge University Press.
- Baxter, S.B. (1976), Computer and statistical techniques for planners, London, Methuen.
- Bertuglia, C.S., Gallino T., Gualco I., Occelli S., Rabino, G.A., Salomone, C. e Tadei, R. (1982a), Alcuni aspetti della calibrazione di un modello dinamico spazializzato: il caso del modello dell'area metropolitana torinese, Torino, IRES, Working Paper 13.
- Bertuglia, C.S., Gallino, T., Gualco, I., Occelli, S., Rabino, G.A., Salomone, C. e Tadei, R. (1982b), "L'applicazione di un modello dinamico a larga scala per l'area metropolitana di Torino: la calibrazione", Relazione presentata alla III<sup>a</sup> Conferenza Italiana di Scienze Regionali, Venezia.
- Bertuglia, C.S., Gallino, T., Gualco, I., Occelli, S., Rabino, G.A., Salomone, C. e Tadei, R. (1983a), Calibrating the residential location sub model of the simulation model for the Turin metropolitan area, Torino, IRES, Working Paper 21.
- Bertuglia, C.S., Occelli, S., Rabino, G.A., Salomone, C. e Tadei, R. (1981), Un modello urbano a larga scala per l'area metropolitana di Torino, Torino, IRES, Working Paper 1.
- Bertuglia, C.S., Occelli, S., Rabino, G.A., Salomone, C. e Tadei R. (1983b), Dinamiche spaziali dell'area metropolitana di Torino negli ultimi tre decenni, Torino, IRES, Working Paper 22.
- Bertuglia, C.S., Occelli S., Rabino, G.A. e Tadei, R. (1980), A model of urban structure and development of Turin: theoretical aspects, Sistemi Urbani, 2, 1, 59-90.
- Leonardi, G. (1979) Introduzione alla teoria dell'accessibilità, Sistemi Urbani, 1, 1, 65-87.
- Leonardi, G. (1983), A choice-theoretical framework for household mobility and extensions, in IRES, A feasibility analysis of transport-location relationships studies, in preparazione.
- Wilson, A.G. (1981), Catastrophe theory and bifurcation with applications in urban geography, London, Croom Helm.





## WORKING PAPERS

Wilson, A.G. (1983), Transport and the evolution of urban spatial structure, in Atti delle Giornate di Lavoro AIRO 1983, 7-27, Napoli, Guida.

- \*2 "Metodologie per la pianificazione del parco regionale", gennaio 1981
- \*3 "A Large Scale Model for Turin Metropolitan Area", maggio 1981
- \*4 "An Application to the Ticino Valley Park of a Mechanistic Model to Analyse the Visitor Behaviour", luglio 1981
- \*5 "Applicazione al parco naturale della Valle del Ticino di un modello per l'analisi del comportamento degli utenti: la calibrazione del modello", settembre 1981
- \*6 "Applicazione al parco naturale della Valle del Ticino di un modello per l'analisi del comportamento degli utenti: l'uso del modello", settembre 1981
- \*7 "L'analisi delle relazioni esistenti tra superficie agricole utilizzate ed alcune proprietà geografiche ed economiche in un gruppo di aziende agricole piemontesi al 1983 e al 1979", settembre 1981
- \*8 "Localizzazione ottimale dei servizi pubblici, con esperienze sulle scuole dell'area urbana", settembre 1981
- \*9 "La calibrazione di un modello a larga scala per l'area metropolitana di Torino", ottobre 1981
- \*10 "Applicazione al parco naturale della Valle del Ticino di un modello per l'analisi del comportamento degli utenti: l'individuazione di un indicatore di benessere per gli utenti ed una analisi di sensibilità ai alcuni parametri fondamentali", ottobre 1981
- \*11 "La pianificazione dell'uso ricreativo di aree naturali: il caso del parco della Valle del Ticino", novembre 1981
- \*12 "The Recreational Planning of Country Parks: the Case Study of the Ticino Valley Park", marzo 1982
- \*13 "Alcuni aspetti della calibrazione di un modello dinamico spazializzato: il caso del modello dell'area metropolitana torinese", settembre 1982
- \*14 "L'applicazione di un modello dinamico a larga scala per l'area metropolitana di Torino: la calibrazione", novembre 1982
- \*15 "Modello economico Piemonte", novembre 1982
- \*16 "Resource allocation in multi-level spatial input-output systems: benefits maximization", dicembre 1982
- \*17 "Valutazione delle strutture e delle dinamiche del settore agro-industriale piemontese", dicembre 1982
- \*18 "Evoluzione della struttura locale in Piemonte e in Italia 1937-1981", febbraio 1983
- \*19 "Un'analisi per l'analisi di impatto economico-ambientale in alcune aree urbane: un tentativo di confronto a variabili spaziali del sistema economico e ambientale", febbraio 1983
- \*20 "Modello economico Piemonte", marzo 1983
- \*21 "Collegando tra realtà locali le variabili spaziali di una struttura urbana: la via della metropolitana area", giugno 1983
- \*22 "Dinamica spaziale dell'area metropolitana di Torino: un modello a larga scala", giugno 1983
- \*23 "Struttura economica delle imprese di dettaglio: esperienze in Piemonte - primi risultati", luglio 1983
- \*24 "The dynamics of Turin metropolitan area: a model for the analysis of the processes and for the policy evaluation", agosto 1983
- \*25 "Un'analisi, con il modello RAMOS, della struttura spaziale del servizio sanitario regionale, il caso del Piemonte", settembre 1983
- \*26 "Manual for the use of the model RAMOS (Resource Allocation Model Over Space)", settembre 1983
- \*27 "The spatial dynamics of the Turin metropolitan area: an analysis of the last three decades", settembre 1983





## WORKING PAPERS

- \*1 "Un modello urbano a larga scala per l'area metropolitana di Torino", *gennaio 1981*
- \*2 "Metodologie per la pianificazione dei parchi regionali", *gennaio 1981*
- \*3 "A Large Scale Model for Turin Metropolitan Area", *maggio 1981*
- 4 "An Application to the Ticino Valley Park of a Mathematical Model to Analyse the Visitors Behaviour", *luglio 1981*
- 5 "Applicazione al parco naturale della Valle del Ticino di un modello per l'analisi del comportamento degli utenti: la calibrazione del modello", *settembre 1981*
- 6 "Applicazione al parco naturale della Valle del Ticino di un modello per l'analisi del comportamento degli utenti: l'uso del modello", *settembre 1981*
- \*7 "Un'analisi delle relazioni esistenti tra superficie agricola utilizzata ed alcune principali grandezze economiche in un gruppo di aziende agricole piemontesi al 1963 e al 1979", *settembre 1981*
- 8 "Localizzazione ottimale dei servizi pubblici, con esperimenti sulle scuole dell'area torinese", *settembre 1981*
- 9 "La calibrazione di un modello a larga scala per l'area metropolitana di Torino", *ottobre 1981*
- 10 "Applicazione al parco naturale della Valle del Ticino di un modello per l'analisi del comportamento degli utenti: l'individuazione di un indicatore di beneficio per gli utenti ed una analisi di sensitività su alcuni parametri fondamentali", *ottobre 1981*
- 11 "La pianificazione dell'uso ricreativo di aree naturali: il caso del parco della Valle del Ticino", *novembre 1981*
- \*12 "The Recreational Planning of Country Parks: the Case Study of the Ticino Valley Park", *marzo 1982*
- 13 "Alcuni aspetti della calibrazione di un modello dinamico spazializzato: il caso del modello dell'area metropolitana torinese", *settembre 1982*
- \*14 "L'applicazione di un modello dinamico a larga scala per l'area metropolitana di Torino: la calibrazione", *novembre 1982*
- 15 "Modello commerciale Piemonte", *novembre 1982*
- 16 "Resource allocation in multi-level spatial health care systems: benefit maximisation", *dicembre 1982*
- 17 "Relazione sulla struttura e sulla dinamica del settore elettromeccanico piemontese", *dicembre 1982*
- 18 "Evoluzione della finanza locale in Piemonte e in Italia 1977 - 1981", *febbraio 1983*
- 19 "Un metodo per l'analisi di scenari multidimensionali in ordine alle relazioni tra domanda di trasporto e variabili strutturali dei sistemi economici e territoriali", *febbraio 1983*
- 20 "Modello commerciale Piemonte", *marzo 1983*
- 21 "Calibrating the residential location submodel of the simulation model for the Turin metropolitan area", *giugno 1983*
- 22 "Dinamiche spaziali dell'area metropolitana di Torino negli ultimi tre decenni", *giugno 1983*
- 23 "Struttura economica delle imprese del dettaglio alimentare in Piemonte - prime valutazioni", *luglio 1983*
- 24 "The dynamics of Turin metropolitan area: a model for the analysis of the processes and for the policy evaluation", *agosto 1983*
- 25 "Un'analisi, con il modello RAMOS, della struttura spaziale del servizio sanitario regionale: il caso del Piemonte", *settembre 1983*
- 26 "Manuale per l'uso del modello RAMOS (Resource Allocation Model Over Space)", *settembre 1983*
- 27 "The spatial dynamics of the Turin metropolitan area: an analysis of the last three decades", *ottobre 1983*







**ires**

ISTITUTO RICERCHE ECONOMICO - SOCIALI DEL PIEMONTE  
VIA BOGINO 21 10123 TORINO